

# Практическое занятие 8. Методика оценки информационных возможностей спутниковой системы связи

1. Методика расчета энергетических параметров спутниковой линии
2. Методика оценка пропускной способности ССС
3. Методика оценка производительности ССС

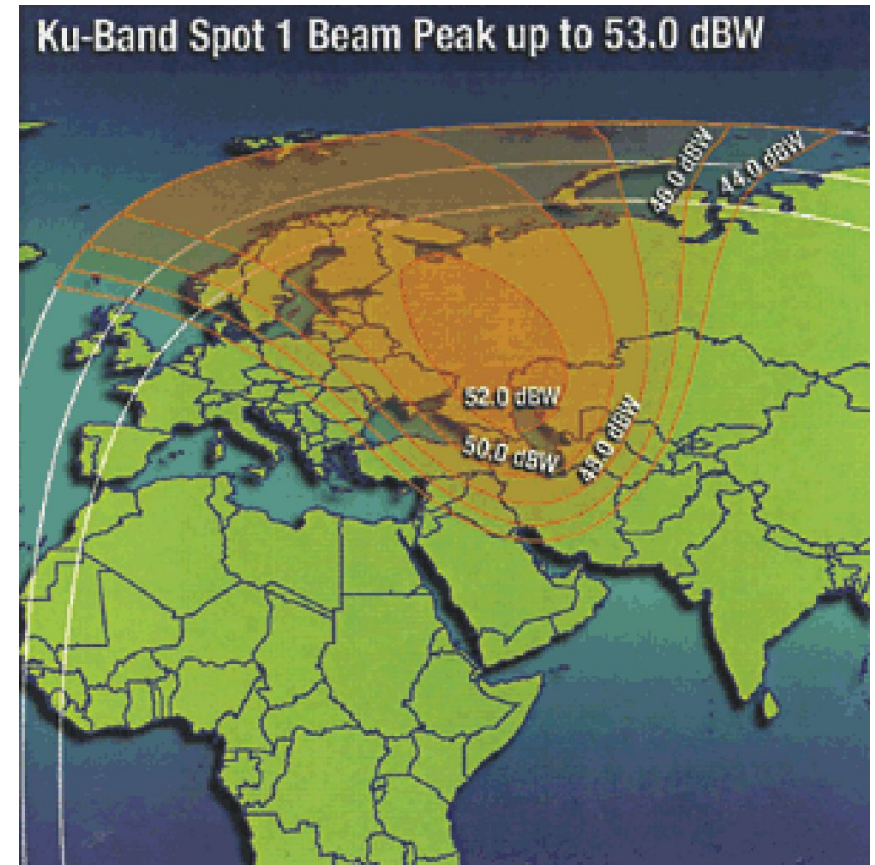
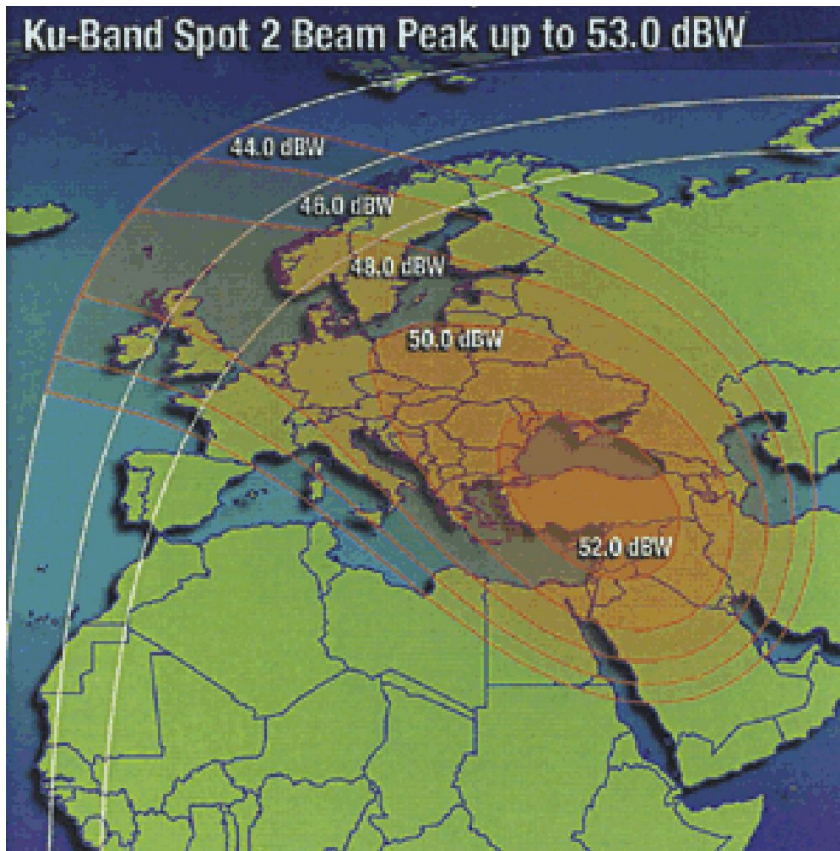


Рис. 7.2.1. Зоны покрытия узких лучей, Ку-диапазон



Рис. 7.2.2. Зоны покрытия, С-диапазон  
1. Глобальный луч, 2. Полуглобальный луч, 3. Зоновые лучи

Таблица 7.2.1

Технические характеристики спутника

<b>Количество транспондеров (в пересчете на эквивалент ширины полосы в 34 МГц)</b>	
С-диапазона	76
Ku-диапазона	22
<b>Поляризация:</b>	
С-диапазон	круговая
Ku-диапазон	линейная
<b>Рабочий диапазон:</b>	
<i>Up-link</i>	
С-диапазон	5850-6425 МГц
Ku-диапазон	14,00-14,50 ГГц
<i>Down-link</i>	
С-диапазон	3625-4200 VUw
Ku-диапазон	10,95-11,20 ГГц; 11,45-11,70 ГГц

**ЭИИМ down-link лучей:***Глобальный луч:*

На краю зоны покрытия	31,0 дБВт
-----------------------	-----------

В центре зоны покрытия	35,8 дБВт
------------------------	-----------

*Полуглобальный луч:*

На краю зоны покрытия	37,0 дБВт
-----------------------	-----------

В центре зоны покрытия	45,5 дБВт
------------------------	-----------

*Зональные лучи:*

На краю зоны покрытия	35,1 дБВт
-----------------------	-----------

В центре зоны покрытия	47,8 дБВт
------------------------	-----------

географическая долгота ЦЗС –  $\lambda_{ЗС}=300$  в.д.  
 географическая широта ЦЗС –  $\varphi_{ЗС}=500$  с.ш.

**Таблица 7.2.2**  
**Параметры центральной земной станции**

Параметр	Величина	Обозначение
Диаметр антенны, м	4,6	$D_{цс}$
Коэффициенты усиления антенны: на передачу, дБ	53,4	$G_{пер\ цс}$
на прием, дБ	52	$G_{пр\ цс}$
Затухание в ВЧ-части: на передачу, дБ	4,1	$\eta_{пер\ цс}$
на прием, дБ	1,9	$\eta_{пр\ цс}$
Выходная мощность передатчика, дБ	13	$P_{пер\ цс}$
Эквивалентная шумовая температура, К	355	$T_A$

$$h^2 = \frac{E}{N_0}$$

$$h^2 = \frac{E}{N_0} = \frac{P_{\text{ПЕР.ЦС}} \cdot T}{N_0} = \frac{P_{\text{ПЕР.ЦС}}}{V_C \cdot N_0} = \frac{P_{\text{ПЕР.ЦС}}}{V_S \cdot \frac{1}{k} \cdot T_{\text{Э}} \cdot k_b \cdot \Delta f} \quad (7.2.1)$$

где  $k_b = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж\*1/град – постоянная Больцмана,  
 $T_{\text{Э}}$  – эффективная шумовая температура приемника и антенны  
 $T_{\text{Э}} = 1070,5$  К,  
 $V_C$  – скорость передачи символов в канале,  
 $V_S$  – скорость передачи информационных бит в канале,  
 $k$  – индекс заданного вида многопозиционной модуляции

$$C = V \cdot \left[ \log m + (1 - p_{ош}) \cdot \log (1 - p_{ош}) + p_{ош} \cdot \log \frac{p_{ош}}{m-1} \right] \quad (7.2.2)$$

$p_{ош}$  – требуемая вероятность ошибки в цифровом канале связи.

$$P_{ошФМ-4}(h^2) = \frac{3}{4} - \frac{1}{2} \Phi(\sqrt{h^2}) - \frac{1}{4} \Phi^2(\sqrt{h^2}) \quad (7.2.3)$$

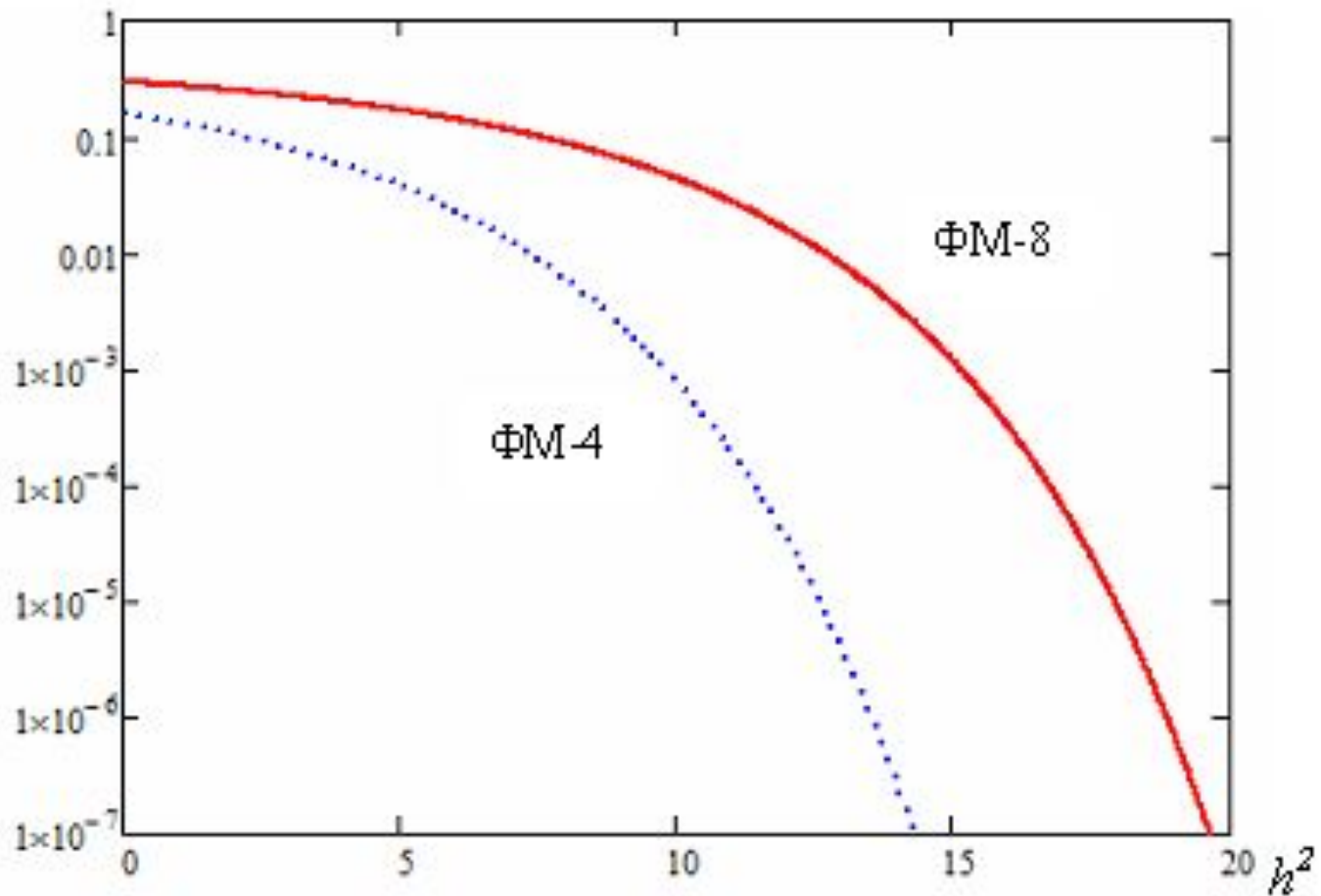
$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad \text{функция Крампа}$$

$$P_{ошФМ-8}(h^2) = 2T(\sqrt{2h^2} \sin \frac{\pi}{8}; \operatorname{tg} \frac{3}{8} \pi) + \frac{1}{2} [1 - \Phi(\sqrt{2h^2} \sin \frac{\pi}{8})] \quad (7.2.4)$$

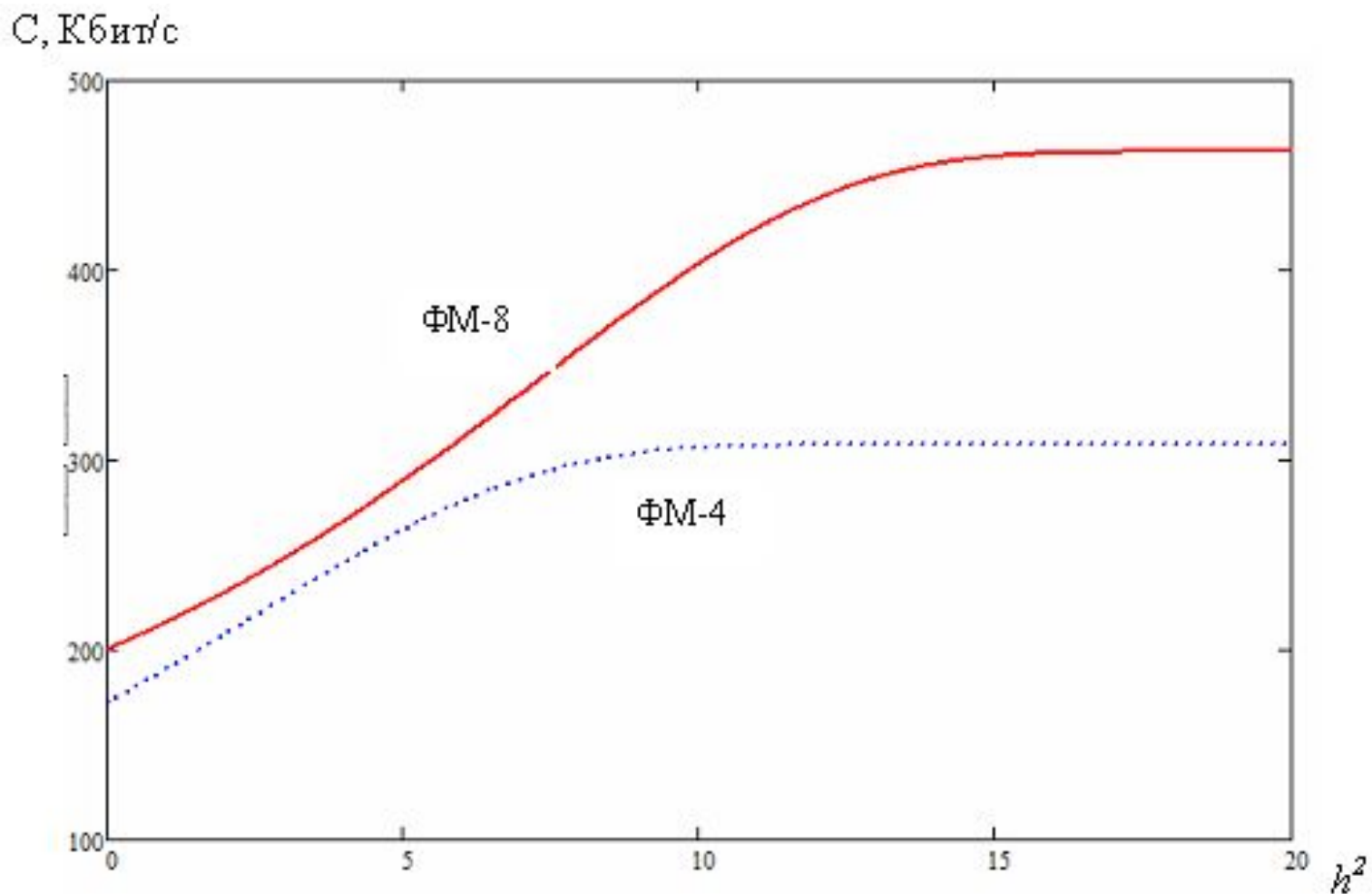
$$T(H, a) = \frac{1}{2\pi} \int_H^\infty \int_0^{ax_1} e^{-\frac{1}{2}(x_1^2 + x_2^2)} dx_1 dx_2 \quad \text{функция Оуена}$$



$P_{ош\_бит}$



**Рис. 7.2.3. Зависимости вероятности битовой ошибки от энергетического потенциала для исходящего канала**



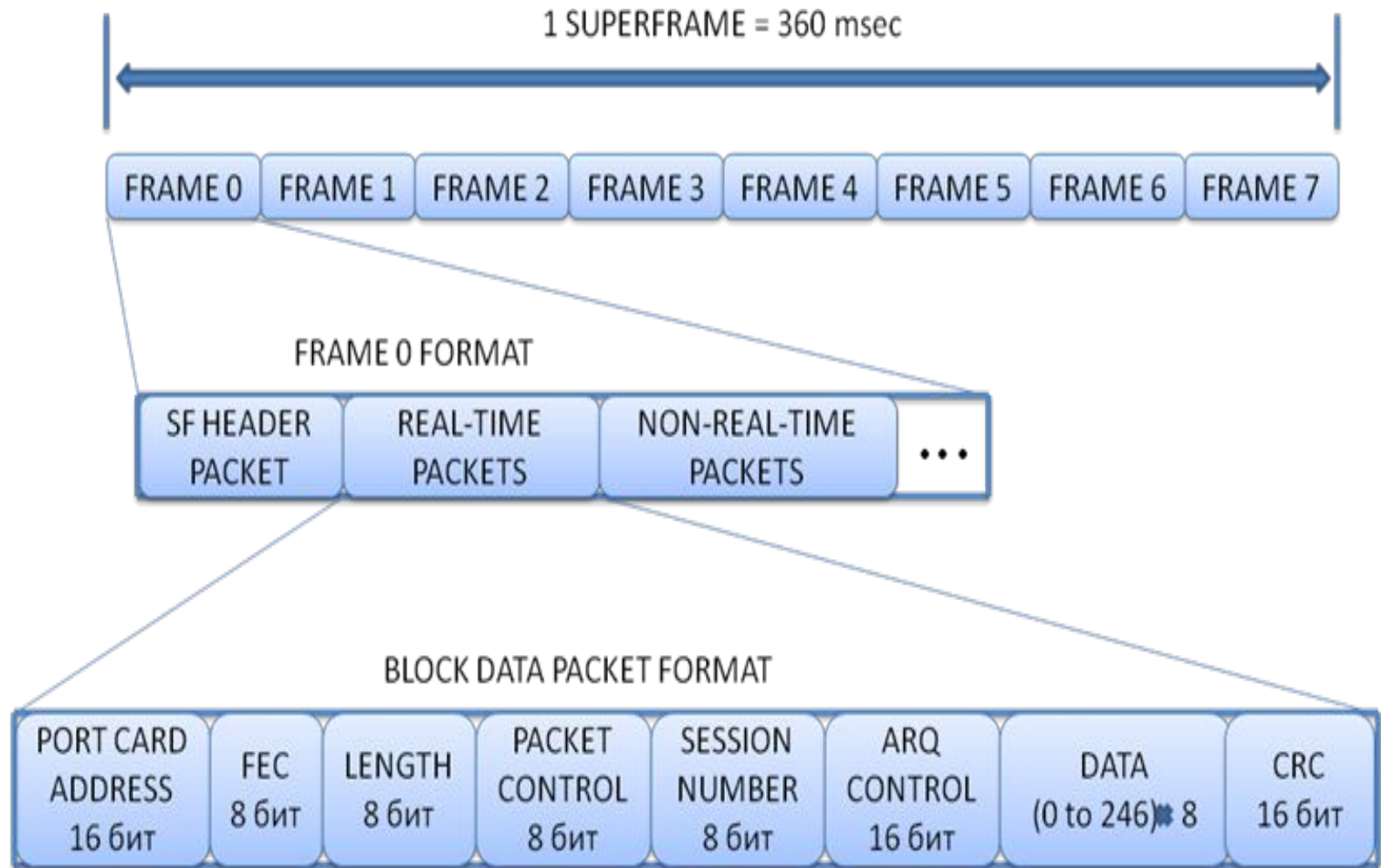
**Рис. 7.2.4. Зависимости пропускной способности от энергетического потенциала для исходящего канала**

$$R = V_S \cdot \left[ \log m + (1 - p_{OШ\_б}) \cdot \log(1 - p_{OШ\_б}) + p_{OШ\_б} \cdot \log \frac{p_{OШ\_б}}{m-1} \right] \quad (7.2.5)$$

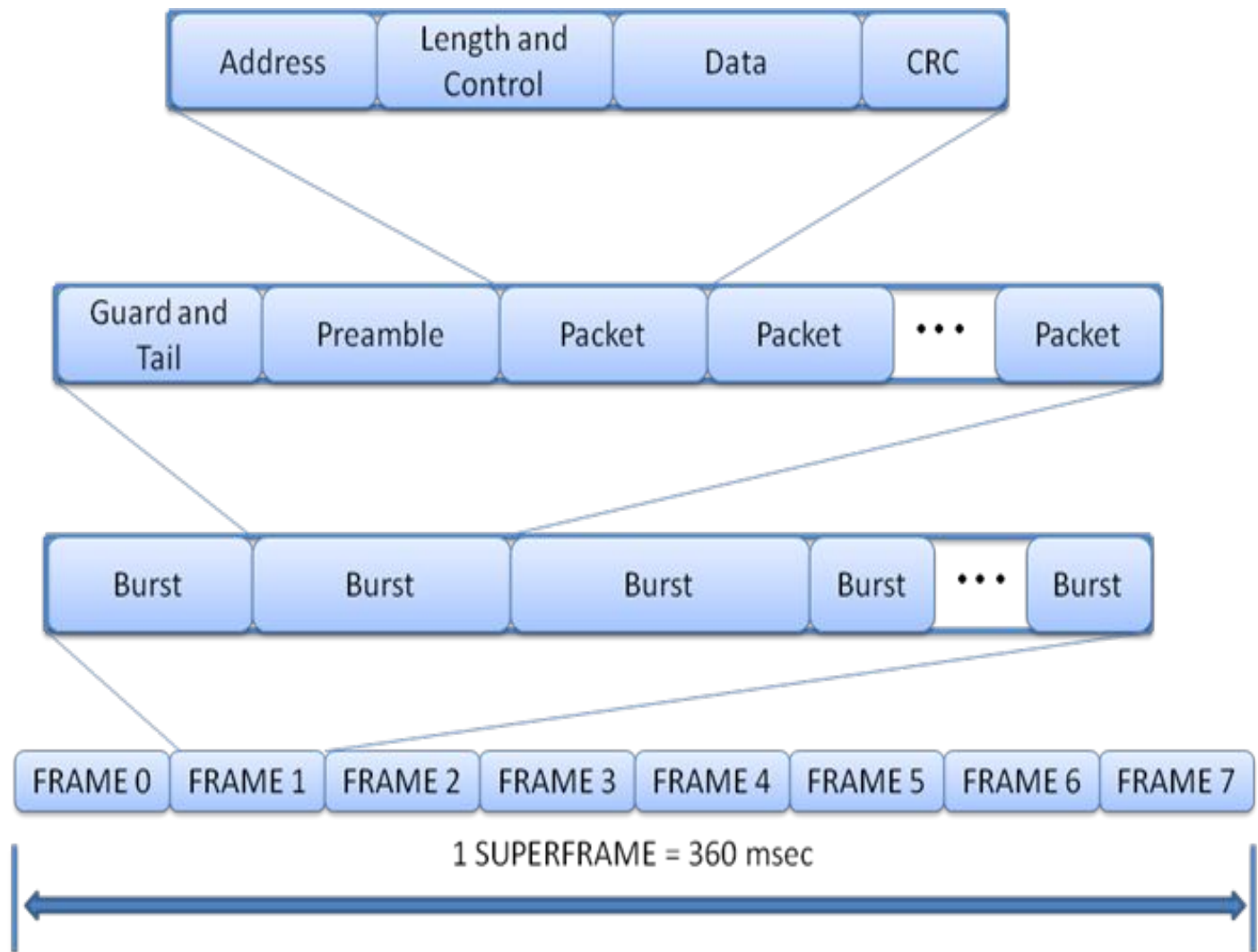


**Рис. 7.2.5. Модель спутникового канала передачи данных**

$$R_{CCC} = V_S \cdot \left[ \log m + (1 - p_{б\_декод}) \cdot \log(1 - p_{б\_декод}) + p_{б\_декод} \cdot \log \frac{p_{б\_декод}}{m-1} \right] < C \quad (7.2.6)$$



**Рис. 7.2.6. Пакетирование сообщений в исходящем потоке**



**Рис. 7.2.7. Пакирование сообщений во входящем потоке**

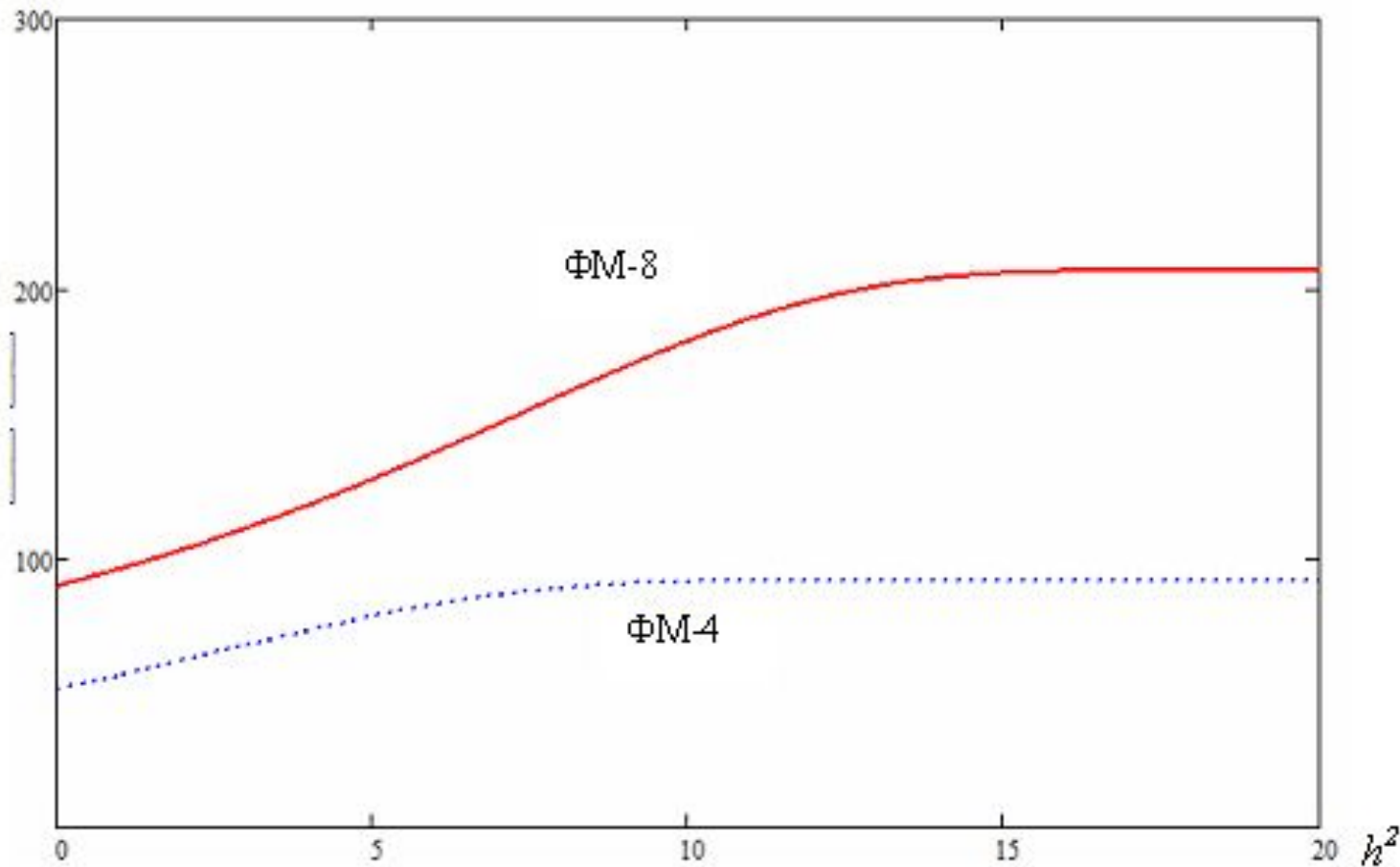
$$P_{\text{ошиб}} \leq \sum_{k=d_f}^{\infty} S_k P_k$$

$$P_K = \begin{cases} \sum_{i=\frac{k+1}{2}}^k C_{\text{ош}}^i P_{\text{ош}}^i (1 - P_{\text{ош}})^{k-i} \\ \sum_{i=\frac{k+2}{2}}^k C_{\text{ош}}^i P_{\text{ош}}^i (1 - P_{\text{ош}})^{k-i} + \frac{1}{2^k} C_{\text{ош}}^{k/2} P_{\text{ош}}^{k/2} (1 - P_{\text{ош}})^{k/2} \end{cases}$$

$$R_{\text{CCC}} = V_S \cdot \delta \cdot r_{\text{ПК}} \left[ 1 + \left( 1 - P_{\text{б\_декод}} \right) \cdot \log \left( 1 - P_{\text{б\_декод}} \right) + P_{\text{б\_декод}} \cdot \log P_{\text{б\_декод}} \right] \ll C$$

**(7.2.7)**

$R_{\text{ссс}}$ , Кбит/с



**Рис. 7.2.8. Зависимость производительности канала от энергетического потенциала с учетом помехоустойчивого кодирования ( $r=1/2$ , ФМ-4, ФМ-8, исходящий канал с пакетами максимальной длины)**